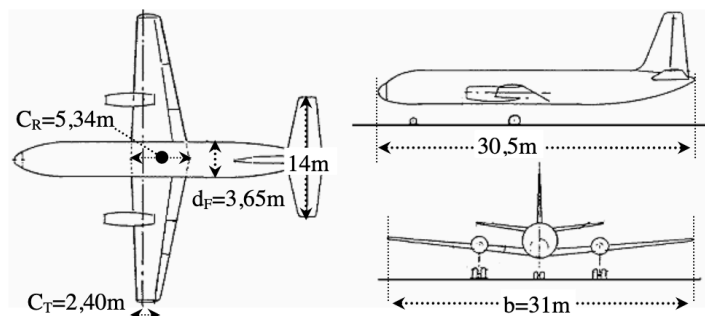


ESERCIZIO

Si consideri il velivolo in figura con le seguenti caratteristiche:



Grandezza	Simbolo	Valore (SI)	Valore (UI)
Peso	W	400.000 N	89.928 lb
Superficie alare	S	120 m ²	1.292 ft ²
Velocità crociera	V_C	600 km/h	323,8 kn
Velocità di massima intensità di raffica	V_B	370 km/h	199,7 kn
Velocità massima *	V_D	$1,25 V_C = 750 \text{ km/h}$	404,7 kn
Incidenze di stallo	α_s	$\alpha_s = \pm 0,244 \text{ rad } (^{\circ}\alpha = \pm 14^{\circ})$	
Incidenza di portanza nulla	α_0	$\alpha_0 = -0,017 \text{ rad } (^{\circ}\alpha = -1^{\circ})$	
Allungamento	λ	8	
Gradiente di portanza ala	k'	$k' = \frac{5,7}{1 + 2,4/\lambda} \text{ rad}^{-1}$	
Gradiente di portanza velivolo	k	1,15 k'	
Coeff. di portanza	C_L	$k(\alpha - \alpha_0)$	

Si costruisce, assumendo come proiezione quella del livello del mare:

- il diagramma $V-n$ di manovra assunto il fattore di carico massimo positivo $n_1 = 2,5$ e quello massimo negativo $n_2 = -1$
- il diagramma $V-u$ di raffica assumendo come fattore di attenuazione $K = 0,76$. Se con U indichiamo la velocità equivalente di raffica, è: $U = 20,1 \text{ m/s}$ per $V_e = V_B$; $U = 15,2 \text{ m/s}$ per $V_e = V_C$; $U = 7,6 \text{ m/s}$ per $V_e = V_D$.

Quindi, schematizzando:

- U : velocità equivalente di raffica
- V_e : velocità effettiva del velivolo

$U [\text{m/s}]$	$V_e [\text{km/h}]$
20,1	370 km/h
15,2	600 km/h
7,6	750 km/h

(*) Si osservi che la U_D è finita pari al 25% della velocità di crociera.

SOLUZIONE:

1- DIAGRAMMA V-n DI RANOWA.

Il primo tratto del diagramma (O,A) è definito dalla velocità minima di volo che, in volo rettilineo uniforme, si ha quando la portanza eguaglia il peso:

$$L = W \rightarrow W = \frac{1}{2} \rho V_i^2 S C_{max} \quad (1)$$

da cui:

$$V_i^2 = \frac{2 W / S}{\rho C_{max}} \quad (2)$$

In presenza impropria delle forze d'inerzia, risulta il peso apparente del velivolo divenire nW :

$$L = nW \rightarrow \frac{1}{2} \rho V_u^2 S C_{max} = nW \quad \text{ovvero, per la (1):}$$

$$\frac{1}{2} \rho V_u^2 S C_{max} = n \left(\frac{1}{2} \rho V_i^2 S C_{max} \right)$$

e quindi:

$$V_u^2 = n V_i^2 \rightarrow n = \frac{V_u^2}{V_i^2} \quad (3)$$

ovvero, usando la (2):

$$n = \frac{V_u^2}{V_i^2} = \frac{\rho V_u^2}{2} \frac{C_{max}}{W/S} = \frac{\rho V_{en}^2}{2} \frac{C_{max}}{W/S} \quad (4)$$

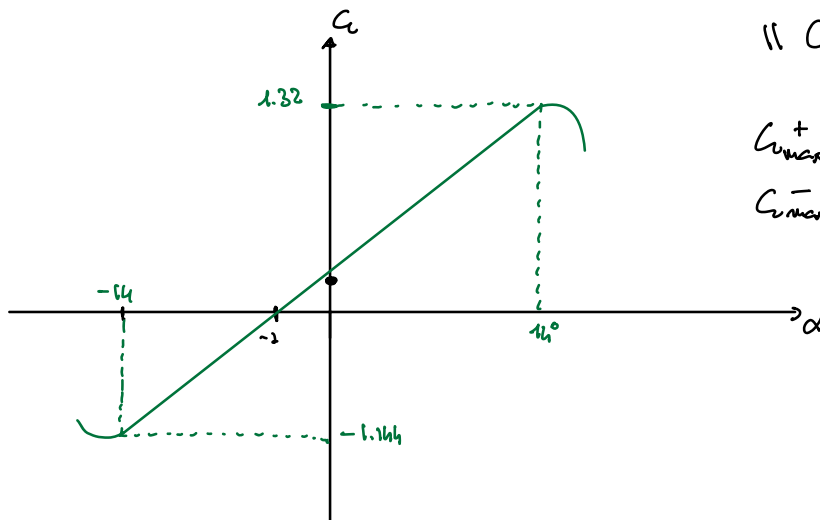
in cui compare la densità dell'aria al livello del mare.

Il coefficiente di portanza è legato all'angolo di attacco delle ali:

$$C_L(\alpha) = K(\alpha - \alpha_0) = 1.156 (\alpha - \alpha_0) = \frac{1.15 \cdot 5.7}{1 + 2.4/1} (\alpha - \alpha_0) =$$

$$= 5.062 (\alpha - \alpha_0) \quad \text{con } \alpha \text{ e } \alpha_0 \text{ espressi in radianti.}$$

$$= 0.088 (\alpha - \alpha_0) \quad \text{con } \alpha \text{ e } \alpha_0 \text{ espressi in gradi.}$$



Il C_{Lmax} si ha per $\alpha = \pm 14^\circ$

$$C_{Lmax}^+ = 0.088(14 \pm 1) = 1.32$$

$$C_{Lmax}^- = 0.088(-14 \pm 1) = -1.144$$

Dalla (4), si ricorre:

$$\frac{W}{S} = \frac{400000}{120} = 3333.3 \text{ N/m}^2 ; \quad \rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$$

si ha:

$$m^+ = \frac{\rho C_{Lmax}^+}{2WS} \left(\frac{V_{eq}}{3.6} \right)^2 = \frac{1.225 \cdot 1.32 V_e^2}{6.666,67 (3.6)^2} \approx \frac{V_e^2}{53430} \quad (5)$$

$$m^- = \frac{\rho C_{Lmax}^-}{2WS} \left(\frac{V_{eq}}{3.6} \right)^2 = \frac{1.225 \cdot (-1.144) V_e^2}{6.666,67 (3.6)^2} \approx - \frac{V_e^2}{61650} \quad (6)$$

Dalla (5) e:

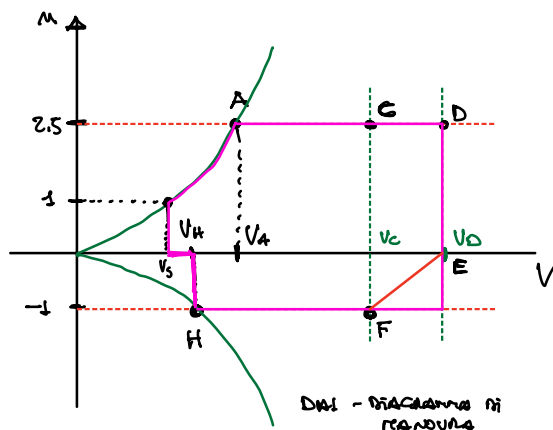
$$2.5 = \frac{V_e^2}{53430} \rightarrow$$

$$\rightarrow V_e = \sqrt{2.5 \cdot 53430} \approx 365 \text{ km/h} = V_A$$

Dalla (6) e:

$$-1 = - \frac{V_e^2}{61650} \rightarrow$$

$$V_e = \sqrt{61650} \approx 248 \text{ km/h} = V_H$$



Nota: $V_S = \sqrt{\frac{2WS}{\rho C_{Lmax}^+}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3333.3}{1.225 \cdot 1.32}} \approx 64 \text{ m/s} \approx 231 \text{ km/h}$

a cui corrisponde un fattore di carico: $n = \frac{V_S^2}{53430} = \frac{(231)^2}{53430} \approx 1$

In volo roverso \bar{e} :

$$V_S = \sqrt{\frac{2W/S}{C_{D_{a1}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3333,3}{1,225 \cdot 1,144}} \cong 69 \text{ m/s} = 248 \text{ Km/h} = V_H$$

a cui corrisponde un fattore di carico: $n = -\frac{(248)^2}{61680} = -1$

2- DIAGRAMMA DI RAFFICA

Per la presenza di una raffica n ha una variazione dell'angolo di incidenza

$$(7) \quad \Delta\alpha = \frac{\kappa U}{V_e} \quad \kappa := \text{fattore di atten. di raffica.}$$

Alla (7) corrisponde una variazione di portanza:

$$\Delta L = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_{L\alpha} \Delta\alpha = \frac{1}{2} \rho V_e^2 S \kappa \frac{\kappa U}{V_e}$$

ovvero

$$\Delta n = \frac{\Delta L}{W} = \left[\frac{\rho \kappa \kappa U}{2 W/S} \right] V_e =$$

$$= \frac{1,225 \cdot 5,042 \cdot 0,76}{6666,67} \frac{V_e}{3,6} U \cong \frac{V_e U}{5112} \quad (8)$$

La (8) rappresenta, nel piano $V-n$, una retta il cui coefficiente angolare dipende dal valore della velocità di raffica U :

• Per $V_e = 370 \text{ Km/h} \rightarrow U = 20,1 \text{ m/s}$ e $n^+ = 1 + \frac{370 \cdot 20,1}{5112} = 2,145$

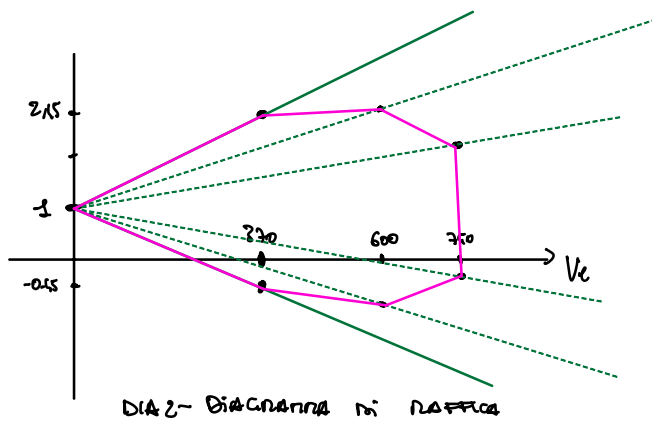
$$n^- = 1 - \frac{370 \cdot 20,1}{5112} = -0,455$$

• Per $V_e = 600 \text{ Km/h} \rightarrow U = 15,2 \text{ m/s}$ e $n^+ = 1 + \frac{600 \cdot 15,2}{5112} = 2,78$

$$n^- = 1 - \frac{600 \cdot 15,2}{5112} = -0,78$$

• Per $V_e = 780 \text{ km/h} \rightarrow U = 7.6 \text{ m/s} \quad \text{e} \quad u^+ = 1 + \frac{780 \cdot 7.6}{5112} = 2.115$

$$u^- = 1 - \frac{780 \cdot 7.6}{5112} = -0.115$$



Dalla sovrapposizione dei diagrammi DIA 1 e DIA 2 si ottiene il diagramma di inviluppo.